

## 明 細 書

### 電子デバイス冷却装置および電子デバイス冷却方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は電子デバイスを冷却するための技術、特に、電子デバイスの表面を特性の異なる複数の冷却ユニットを協働させて冷却するための技術、に関する。

#### 背景技術

- [0002] 電子機器を制御するCPU (Central Processing Unit) やDSP (Digital Signal Processor) を始めとする各種の電子デバイスは、トランジスタなどの能動素子やコンデンサなどの受動素子を含めたさまざまな電子部品によって構成される。これらの電子部品を駆動する電気エネルギーの一部は熱エネルギーに変換されて放熱される。電子部品の性能は、通常、温度依存性を有するため、この放散された熱は、電子部品、ひいては電子デバイスの性能に影響を及ぼす。したがって、電子デバイスを冷却するための技術は、電子デバイスを正常に制御する上で極めて重要な技術である。
- [0003] 電子デバイスを冷却するための技術の一例として、電動ファンによる空冷式の冷却方法がある。この方法においては、たとえば、電子デバイスの表面に対向して電動ファンを配設する。空気取り入れ口から吸入した冷たい空気を、電動ファンにより電子デバイス表面に吹き付ける。電子デバイス表面から発生した熱を吸収して温められた空気は、空気排出口から排出される。このように、電子デバイス表面から発生する熱を電動ファンによって排除することにより、電子デバイスを冷却する。
- [0004] ヒートシンクとよばれる熱を逃がすための装置も一般に使われている。電子デバイスなどの熱源体から熱を周囲の冷たい流体や気体に効率よく移すため、ヒートシンクは通常、伝熱面が大きくなるよう設計される。電子デバイスから発生した熱はヒートシンクに伝達され、ヒートシンクの広い伝熱面から放熱される。
- [0005] この電動ファンとヒートシンクを組み合わせた冷却方法は、半導体チップの冷却方法として一般的に用いられている技術である。

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] 上述した電動ファンやヒートシンクにおける温度変化の時間応答性は、一般的には電子デバイスの発熱量の変化に比べればはるかに鈍い。換言すれば、これらの従来の冷却方法では、時々刻々と変化する電子デバイスの発熱量の変化に対して効率的に電子デバイスを冷却できていないのが現状である。そのため、電子デバイスの動作の信頼性を確保するために、余剰の冷却能力を確保しておく必要がある。これにより、電動ファンによる消費電力、騒音が大きくなり、また、電動ファンの体積も必要以上に大きくならざるを得ないという欠点があった。

[0007] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、電子デバイスを効果的に冷却するための技術、を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0008] 本発明のある態様における電子デバイス冷却装置は、電子デバイスの表面に対向するよう近接配置された主冷却ユニットおよび補助冷却ユニットと、主冷却ユニットおよび補助冷却ユニットのうち少なくともいずれかを駆動して電子デバイスを冷却せしめるよう制御する制御部を備える。主冷却ユニットは、補助冷却ユニットとは異なる冷却原理に基づく冷却ユニットであってもよい。たとえば、冷却対象における温度変化の時間応答性である冷却時間応答性について、補助冷却ユニットは主冷却ユニットよりその冷却時間応答性が高い冷却原理に基づくものを採用してもよい。また、補助冷却ユニットは、主冷却ユニットよりも単位時間当たりの冷却能力が高いものであってもよい。主冷却ユニットと補助冷却ユニットは、それぞれ電子デバイスの表面における冷却対象領域が異なる位置に近接配置されてもよい。

[0009] 冷却時間応答性とは、たとえば、冷却対象の温度がステップ状に上昇したとき、冷却ユニットが、冷却対象の温度を元の温度まで下げるのに要する時間に基づいて定めてもよい。主冷却ユニットは、たとえば、電動ファンなどのように冷却能力自体は大きいが発熱の時間変化に対する応答性が低い冷却手段が対応する。これに対し、補助冷却ユニットは、たとえば、冷却対象に冷媒を噴射する冷却ノズルのように、冷却能力自体は小さくとも熱の時間変化に対して機敏に対応できる冷却手段を用いる。電子デバイスの定常的な発熱に対しては主冷却ユニットによって対応し、瞬発的な発熱に対しては補助冷却ユニットによって対応する。これにより、電子デバイスの発熱

が定常的な発熱か集発的な発熱かに応じて、2種類の特性の異なる冷却ユニットを使い分けるので、効率的な冷却が可能となる。電子デバイスは、たとえば、半導体回路をパッケージしたデバイスであってもよい。

[0010] また、本発明の別の態様における電子デバイス冷却装置は、電子デバイスの表面のうち、所定の面に対向するよう近接配置される主冷却ユニットと、電子デバイスの表面のうち、その所定の面とは異なる面の側に設置される基板に設けられた貫通孔を通して冷媒を電子デバイスに向けて噴射する補助冷却ユニットと、主冷却ユニットおよび補助冷却ユニットのうち少なくともいずれかを駆動して電子デバイスを冷却せしめるよう制御する制御部を備える。たとえば、電子デバイスの表側の面に主冷却ユニットを近接配置し、裏側の面に基板を設け、その貫通孔を通して補助冷却ユニットから冷媒を噴射してもよい。

[0011] さらに、本発明の別の態様における電子デバイス冷却装置は、電子デバイスの表面のうち、所定の面に近接配置され、その表面から発生する熱を放散させるための放熱機構と、電子デバイスの表面のうち、その所定の面とは異なる面の側に設置される基板に設けられた貫通孔を通して冷媒を前記電子デバイスに向けて噴射する補助冷却ユニットと、補助冷却ユニットを駆動して前記電子デバイスを冷却せしめるよう制御する制御部を備える。たとえば、電子デバイスの表側の面に放熱機構を近接配置し、裏側の面に基板を設け、その貫通孔を通して補助冷却ユニットから冷媒を噴射してもよい。

[0012] なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

### 発明の効果

[0013] 本発明によれば、電子デバイスを効果的に冷却することができる。

### 図面の簡単な説明

[0014] [図1]電子デバイス冷却装置の機構を示す模式図である。

[図2]噴流冷却装置が冷媒を噴射するための機構の第1の例を示す図である。

[図3]噴流冷却装置が冷媒を噴射するための機構の第2の例を示す図である。

[図4]噴流冷却装置が冷媒を噴射するための機構の第3の例を示す図である。

[図5]電子デバイス冷却装置の機能ブロック図である。

[図6]電子デバイス冷却装置が電子デバイスを冷却する過程を示すフローチャートである。

[図7]電子デバイス冷却装置における温度の時間変化と電子デバイスの制御との関係を説明するための模式図である。

### 符号の説明

[0015] 100 電子デバイス冷却装置、102 ノズルユニット、106 電動ファンユニット、108 温度測定部、110 制御部、120 ノズル制御部、130 電動ファン制御部、134 選択部、200 電子デバイス、250 スプレッタ、252 ヒートシンク、254 パッケージ基板、256 実装基板、300 噴流冷却装置、310 冷媒供給路、320 チャンバー部。

### 発明を実施するための最良の形態

[0016] CPUやDSPなどの電子デバイスの表面から発生する熱は、電子デバイス内の電子部品や電子部品間を接続する導線に供給される電気エネルギーが熱エネルギーに変換されて放散されたものである。この熱は電子デバイスの表面から定常的に発生するとは限らない。電子デバイスが実行する処理においては、瞬発的に発熱量が増える場合もある。電子デバイスの表面からの発熱量が最大発熱量に近い状態であっても瞬発的な発熱は生じる。このような瞬発的な発熱に対して適した冷却方法として、噴流冷却の原理に基づく冷却方法がある。噴流冷却とは冷媒を電子デバイスなどの発熱体に噴射することにより発熱体を冷却する冷却方法をいう。

[0017] 噴流冷却は、局所的な熱伝達効率を大きく取ることができる冷却方法として知られている。この方法は、たとえば、切削加工など部分的に大きく発生する熱に対する冷却方法として有効であり、冷媒を冷却ノズルから噴射して発熱体に吹き付けることにより冷却する。ここでいう「冷媒」とは、空気などの気体や水などの液体であって、電子デバイスの表面から発生する熱を吸排熱するための媒体をいう。噴射される冷媒の流れに対する垂直面の熱伝達は、噴流軸点を中心にして、同心円上に広がる。ここで「噴流軸点」とは、冷却対象の表面において冷却ノズルの噴射軸と交わる点のこと



をいう。

- [0018] 噴流半径 $r_0$  [m]、冷媒の熱伝導率 $\lambda_f$  [W/mK]における熱伝達率 $h_0$  [W/m<sup>2</sup>K]は、  
(数1)

$$h_0 = \lambda_f \cdot Nu_0 / r_0$$

- と表される。ここで、 $Nu_0$ は、噴流半径 $r_0$  [m]における平均ヌセルト数であり、これは、  
(数2)

$$Nu_0 = 1.25 \cdot Pr^{0.45} \cdot Re^{0.45}$$

- と表される。 $Pr$ はプラントル数と呼ばれる定数であり、 $Re$ はレイノルズ数である。 $Re$ は、  
以下の式で表される。

(数3)

$$Re = u_0 \cdot d_0 / \nu$$

- [0019] ここで、 $u_0$  [m/s]は、噴流の体積流量を冷却ノズル噴出口の断面積で割った代表速度である。 $d_0$  [m]は、噴出口の直径、 $\nu$  [s/m<sup>2</sup>]は、流体の粘性を表す。

- [0020] 噴流冷却によれば、噴流軸点近傍において高い冷却効果が得られる。また、冷却対象の表面に対して複数の冷却ノズルを密に配置すれば、より高い冷却効果が得られる。

- [0021] 図1は、本実施の形態における電子デバイス冷却装置100の機構を示す模式図である。電子デバイス200が発熱体であり冷却対象である。電子デバイス200の上面にはスプレッタ250が取り付けられる。スプレッタ250は、通常、銅製である。更にスプレッタ250の上にヒートシンク252が載置される。電子デバイス200の主として上面から発生した熱はスプレッタ250を介してヒートシンク252に伝達される。ヒートシンク252は、外気に対して広い伝熱面を有する。図示しない電動ファンから、ヒートシンク252に対して送風することにより、ヒートシンク252の伝熱面近傍にある温められた空気を効率的に排除できる。電子デバイス200とヒートシンク252は直接接触してもよい。

- [0022] ヒートシンク252は冷却水にさらされるよう構成してもよい。電子デバイス200の表面を防水ケースで覆い、冷却水をヒートシンク252に導く。電子デバイス200からの発生してヒートシンク252に伝わった熱を吸収することにより温められた冷却水は、冷却水排出口から排出される。

- [0023] 電子デバイス200はパッケージ基板254上に実装される。パッケージ基板254は、電子デバイス200を実装基板256に実装するための中間板の役割をはたす。実装基板256はパッケージ基板254とはんだにより接着される。通常、パッケージ基板254と実装基板256の間の距離は300〜500ミクロン程度である。パッケージ基板254の実装基板256側の面にはいくつかのコンデンサ258が通常、接着されている。このコンデンサ258がある程度の容量を有する場合には、コンデンサ258の大きさは、この300〜500ミクロン程度の大きさには収まらない場合もある。そのため、実装基板256は、このコンデンサ258を設置する高さを確保するため、通常は、電子デバイス200の直下にあたる面において同図に示すように開口部を有する。
- [0024] 噴流冷却装置300はこの開口部を介してパッケージ基板254に上向きに冷媒を噴射させる。噴流冷却装置300は複数の冷媒噴射口を有する。噴流冷却装置300の噴射機構については後に詳述する。噴流冷却装置300から噴射された冷媒は図示しない冷媒回収孔に回収される。冷媒が液体である場合、電子デバイス200から発生する熱により温められた冷媒の回収は、既知の方法であるキャピラリー力を用いてもよいし、ポンプなどの動力を用いてもよい。回収された冷媒は外気によって冷却される。冷媒は、再び噴流冷却装置300に供給される。冷媒が空気である場合には、噴射後に廃棄されてもよい。
- [0025] 噴流冷却装置300の冷媒噴射口の直径は噴流冷却装置300の上面からパッケージ基板254までの距離の1/3程度に設定される。たとえば、この距離が6ミリメートル程度である場合には、冷媒噴射口の直径を2ミリメートル程度に設定する。また、噴流冷却装置300の冷媒噴射口は中央と周囲に分散して配置する。電子デバイス200のうち、局所的な発熱量が大きい部位があらかじめ想定できる場合には、その位置に対応する冷媒噴射口の直径を大きめに設定してもよい。先述の噴流冷却の式に示したように、冷媒噴射口の直径が大きいほど、熱伝達率が大きくなるからである。
- [0026] 噴流冷却装置300は、パッケージ基板254の面に直接冷媒を吹き付けて冷却してもよいし、パッケージ基板254の面を皮膜するケースに吹き付けることにより間接的に冷却してもよい。すなわち、電子デバイス200から発生する熱を噴流冷却により排熱するよう噴流冷却装置300を構成することにより本発明の効果は同等に発揮され得る。

。たとえば、ヒートシンク252内に噴流冷却装置300と同様の機構を設けてもよい。すなわち、電子デバイス200の上面から定常的に発生する熱はヒートシンク252と電動ファンで取り除き、瞬発的に発生する熱は、ヒートシンク内に設けられる噴流冷却装置300が電子デバイス200の上面に冷媒を噴射することにより取り除くよう構成してもよい。

[0027] なお、実装基板256に設けられる開口部は、必ずしも同図に示すように実装基板256の中央部に設けられる必要はない。たとえば、電子デバイス200の発熱の局所性に鑑みて開口部が設けられてもよいし、複数の開口部が設けられてもよい。さらに、実装基板256に複数の孔を貫通させ、その各孔を貫いてパッケージ基板254の複数箇所に冷媒が噴射されるよう構成してもよい。

[0028] 電子デバイス200の内部にはその発熱量を検出するための熱検知センサが複数設けられている。熱検知センサは、電子デバイス200やパッケージ基板254に設けられてもよい。熱検知センサは、赤外線センサのように電子デバイス200の表面から放射される赤外線を外部から検出することにより発熱量を検出するセンサでもよい。熱検知センサは、電子デバイス200内の温度を計測する温度計であってもよい。

[0029] 通常、電子デバイス200から発生した熱はスプレッド250を介してヒートシンク252に伝わりその伝熱面から放熱される。そのヒートシンク252からの放散される熱量が大きいときには、ヒートシンク252に対して、たとえば、電動ファンにより送風するこれば、より効率的に熱を排除できる。結果として電子デバイス200をより強力に冷却できる。また、電子デバイス200からの発熱量に応じて、電動ファンの回転数が上げるように制御することにより、発熱量に応じた冷却が可能となる。以下の例では、電子デバイス200を冷却する冷却ユニットの一つとして、ヒートシンク252と電動ファンを用いる場合について示す。

[0030] 一方、電子デバイス200からは瞬発的に発熱する場合もある。瞬発的な発熱、すなわち、単位時間当たりにおける発熱量の上昇が急峻である場合には、噴流冷却装置300を駆動して冷却を行う。冷媒はパッケージ基板254に向けて噴流冷却装置300より噴射される。電子デバイス200から発生した熱の一部はパッケージ基板254に伝導する。噴流冷却装置300が冷媒を噴射することにより、パッケージ基板254が冷却

されるため、結果としてパッケージ基板254に伝導した熱は実装基板256の開口部から排熱される。電子デバイス200の表面のうち、あらかじめ高温になりやすい箇所が分かっている場合には、その箇所に対応して噴流冷却装置300の冷媒噴出口が集中的に配置されるように噴流冷却装置300を構成してもよい。冷却ノズルによる噴流冷却によれば、特に噴射軸点近傍に発生した熱を効果的に排除できる。冷却ノズルを多く配置するほど、また、冷却ノズルの冷媒噴射能力が高いほど、冷却効果も高くなる。

[0031] 図2から図4は噴流冷却装置300が冷媒を噴射する機構を示す図である。

図2は、噴流冷却装置300が冷媒を噴射するための機構の第1の例を示す図である。噴流冷却装置300は冷媒供給路310とチャンバー部320を含む。冷媒供給路310に導入された冷媒はチャンバー部320に伝達される。チャンバー部320は、一時的に冷媒を貯蔵する。チャンバー部320の上面には複数の冷媒噴射口が設けられている。これらの冷媒噴射口が冷却ノズルとして機能する。ファン駆動部302は、たとえばピエゾ素子などにより構成され、ファン304を駆動する。ファン駆動部302に所定の電圧が印加されると、ファン駆動部302はその電圧値に応じて変形する。この変形がファン304に伝わり、ファン304は、いわば「うちわ」として機能し、チャンバー部320内に導入された冷媒をチャンバー部320上面の冷媒噴射口から噴射せしめる。

[0032] 図3は、噴流冷却装置300が冷媒を噴射するための機構の第2の例を示す図である。同図の例においても、噴流冷却装置300は冷媒供給路310とチャンバー部320を含む。冷媒供給路310に導入された冷媒はチャンバー部320に伝達される。チャンバー部320は、一時的に冷媒を貯蔵する。チャンバー部320の上面には複数の冷媒噴射口が設けられており、これらの冷媒噴射口が冷却ノズルとして機能する。図示しない駆動部は外部からの制御信号に応じて、静電力や圧電素子、磁気などの力により可動膜306を駆動する。可動膜306がチャンバー部320に溜められた冷媒をチャンバー部320上面の冷媒噴射口から押し出すことにより冷媒を噴射する。

[0033] 図4は、噴流冷却装置300が冷媒を噴射するための機構の第3の例を示す図である。噴流冷却装置300は冷媒供給路310とチャンバー部320を含む。冷媒供給路310に導入された冷媒はチャンバー部320に伝達される。チャンバー部320は、一時



的に冷媒を貯蔵する。チャンバー部320の上面には複数の冷媒噴射口が設けられている。これらの冷媒噴射口が冷却ノズルとして機能する。冷媒供給路310はポンプ308を含む。ポンプ308は冷媒供給路310に導入された冷媒をチャンバー部320に伝達する。このとき、ポンプ308が冷媒供給路310に導入された冷媒を高圧でチャンバー部320に押し込むと、チャンバー部320に導入された冷媒はチャンバー部320上面の冷媒噴射口から噴射される。

[0034] 図5は電子デバイス冷却装置100の機能ブロック図である。ここに示す各ブロックは、ハードウェア的には、コンピュータのCPUをはじめとする素子や機械装置で実現でき、ソフトウェア的にはコンピュータプログラム等によって実現されるが、ここでは、それらの連携によって実現される機能ブロックを描いている。したがって、これらの機能ブロックはハードウェア、ソフトウェアの組合せによっていろいろなかたちで実現できることは、当業者には理解されるところである。

[0035] 制御部110は電子デバイス冷却装置100による冷却機構を統合的に制御する。ノズルユニット102はパッケージ基板254に対して冷媒を噴射せしめる機械的な機構である。主として噴流冷却装置300がこれに該当する。電動ファンユニット106はヒートシンク252に送風する機構である。ここでは、図1に関連して説明した電動ファンが主として対応する。温度測定部108は電子デバイス200内に設置された熱検知センサにより検出された熱量に基づき、電子デバイス200の温度を測定する。また、温度測定部108は電子デバイス200における温度の時間変化も測定する。電子デバイス200の内部に温度計を設けることにより、温度測定部108は直接に電子デバイス200の温度を測定してもよい。

[0036] 制御部110はノズル制御部120、電動ファン制御部130および選択部134を含む。ノズル制御部120はノズルユニット102に制御信号を送ることにより制御する。たとえば、噴流冷却装置300が図2に関連して説明した構成である場合には、ノズル制御部120はファン駆動部302に所定の電圧を印加することにより、ノズルユニット102を制御する。電動ファン制御部130は電動ファンユニット106に制御信号を送ることにより制御する。ノズル制御部120は更に噴射時間演算部122を含み、電動ファン制御部130は回転数演算部132を含む。温度測定部108が測定した電子デバイス2

00の温度特性に応じて選択部134はノズル制御部120および電動ファン制御部130のいずれか、もしくは、両方に制御を指示する。

[0037] 温度測定部108が測定した電子デバイス200の温度が所定の閾値を越えると、選択部134はこれを検出して電動ファン制御部130に選択信号を送る。電動ファン制御部130は電動ファンユニット106に制御信号を送り電動ファンを駆動する。また、温度測定部108が測定した電子デバイス200の温度に応じて、回転数演算部132は電動ファンの回転数を演算する。ここでいう回転数とは、単位時間当たりの回転数、すなわち、電動ファンの回転速度であってもよいし、電動ファンを回転させる総数、いわば、電動ファンの駆動時間であってもよい。電子デバイス200の表面温度が高いときには、電動ファン制御部130は電動ファンを高速に回転させるよう電動ファンユニット106に指示する。あるいは、電動ファン制御部130は電動ファンを長時間回転させるよう電動ファンユニット106に指示する。

[0038] 温度測定部108は測定した温度の経時変化を一時的に記録する。温度測定部108が測定した電子デバイス200の温度の単位時間当たりにおける上昇が所定の閾値を越えると、選択部134はこのデータを読み出してノズル制御部120に選択信号を送る。ノズル制御部120はノズルユニット102に制御信号を送り噴流冷却装置300を駆動する。また、温度測定部108が測定した電子デバイス200の温度の単位時間当たりの上昇度に応じて、噴射時間演算部122は冷媒を噴射すべき時間を計算する。噴射時間演算部122は、温度測定部108が測定した電子デバイス200の温度の単位時間当たりの上昇度に応じて、冷媒を噴射するときの噴流の速度や噴射すべき冷媒の量を計算してもよい。ノズルユニット102が冷媒を繰り返し噴射せしめるよう制御する場合には、噴射時間演算部122は噴流冷却装置300の冷媒噴射時間と、冷媒を噴射していない時間の時間比を計算してもよい。ノズル制御部120は噴射時間演算部122の演算に基づいて、ノズルユニット102に制御信号を送り冷媒を噴射せしめる。

[0039] 温度測定部108は、電子デバイス200全体の温度ではなく電子デバイス200の熱分布を検出してもよい。ノズル制御部120は、電子デバイス200のうち発熱量が大きい部位に対応する冷媒噴射口から冷媒が噴射されるよう制御してもよい。これにより、

電子デバイス200の瞬発的な発熱のみならず、電子デバイス200の局所的な発熱に対しても効果的な冷却が可能となる。

[0040] 図6は、電子デバイス冷却装置100が電子デバイス200を冷却する過程を示すフローチャートである。温度測定部108は電子デバイス200内に埋設された熱検知センサが検出する熱量に基づき、電子デバイス200の温度を測定する(S10)。ここで測定した電子デバイス200の温度が所定の閾値を越えるか否かを選択部134は判断する(S12)。ここでいう所定の閾値は電子デバイス200の性能や使用環境に応じて、設計者により任意に設定される値である。以下、この閾値のことを「第1閾値」とよぶ。測定した温度が第1閾値より小さければ(S12のN)、ノズルユニット102や電動ファンユニット106は駆動されず処理は終了する。測定した温度が第1閾値以上であれば(S12のY)、選択部134は電動ファン制御部130に選択信号を送る。電動ファン制御部130は電動ファンユニット106を駆動し電動ファンを回転させる(S14)。

[0041] 温度測定部108が測定した電子デバイス200の温度につき、その温度の単位時間当たりの上昇度が所定の閾値を越えるか否かを選択部134は判断する(S16)。ここでいう所定の閾値も電子デバイス200の性能や使用環境に応じて、設計者により任意に設定される値である。以下、この閾値のことを「第2閾値」とよぶ。測定した単位時間当たりの温度上昇がこの第2閾値より小さければ(S16のN)、処理は終了する。測定した単位時間当たりの温度上昇がこの第2閾値以上であれば(S16のY)、選択部134はノズル制御部120に選択信号を送る。ノズル制御部120はノズルユニット102を駆動して冷媒を噴射せしめる(S18)。温度測定部108は定期的に温度を検出し、S10からS18の処理が繰り返される。

[0042] ノズルユニット102と電動ファンユニット106は同時に駆動されてもよい。また、電子デバイス200の温度が第1閾値より小さくても、電子デバイス200の温度の単位時間当たりの上昇度が第2閾値以上であればノズルユニット102を駆動するよう制御してもよい。また、温度ではなく電子デバイス200からの発熱量に基づいてノズルユニット102や電動ファンユニット106を制御してもよい。

[0043] 図7は電子デバイス200における温度の時間変化と電子デバイス冷却装置100の制御との関係を説明するための模式図である。同図において横軸は経過時間を示

す。電子デバイス200の処理が開始した時刻を $t_0$ とする。縦軸は電子デバイス200の表面の温度を示す。この温度は電子デバイス200内の熱検知センサを介して温度測定部108により測定される。 $T_1$ は先述の第1閾値である。以下、時系列的に電子デバイス冷却装置100の処理を説明する。

[0044] 時刻 $t_1$  :

電子デバイス200の温度が上昇して第1閾値である $T_1$ を超過する。選択部134は電動ファン制御部130に選択信号を送る。電動ファン制御部130は電動ファンユニット106に制御信号を送り、電動ファンを駆動せしめる。これにより、時刻 $t_1$ の経過後温度の上昇は緩やかとなりやがて下降し始める。

[0045] 時刻 $t_2$  :

電子デバイス200の温度が瞬発的に上昇しはじめる。この段階で温度はまだ $T_1$ を超えているので、電動ファンは回転し続けている。しかし、電動ファンの冷却時間応答性は、噴流冷却の冷却時間応答性よりも小さいため、すぐには温度は下がらない。

[0046] 時刻 $t_3$  :

時刻 $t_2$ から時刻 $t_3$ までの温度変化につき、その単位時間当たりの温度上昇が第2閾値以上であることを選択部134は検出する。選択部134はノズル制御部120に選択信号を送る。ノズル制御部120はノズルユニット102に制御信号を送り、噴流冷却装置300を駆動せしめる。これにより、時刻 $t_2$ において生じた瞬発的な温度上昇が抑制される。電子デバイス200の単位時間当たりの温度上昇が第2閾値より小さくなれば、噴流による冷却は終了する。なお、この時点では温度は $T_1$ を超えているので、電動ファンは回転し続けている。

[0047] 時刻 $t_4$  :

電動ファンによる冷却により、温度は $T_1$ を下回ったので、電動ファン制御部130は電動ファンユニット106に電動ファンの回転を停止するよう信号を送る。

[0048] 以上、実施の形態においては、電子デバイス200から定常的に発生する熱はヒートシンク252と電動ファンによる空冷方式によって排除される。一方、電子デバイス200から一時的、瞬発的に発生する熱は噴流冷却方式によって排除される。本実施の形態における電子デバイス冷却装置100は、噴流冷却機構を補助的に駆動することに



より、電子デバイス200の発熱量の変化に対して機敏に対処して冷却することができる。

[0049] 定常的に電子デバイス200から発生する熱はヒートシンク252と電動ファンによって排除し、この場合には必ずしも噴流冷却装置300を駆動する必要はない。とくに、電子デバイス200からの発熱量が最大値に近い状態であっても、瞬発的な発熱量の上昇は生じ得る。このような場合における電子デバイス200の温度の上昇時において噴流冷却を実行することにより、発熱の種類に応じた効果的な電子デバイス200の冷却が実現される。本実施の形態においては、実装基板256の開口部を利用するため、噴流冷却に過大な装置を用意する必要がない。そのため、電子デバイス冷却装置100を全体としてコンパクトに構成できるメリットもある。

[0050] また、噴流冷却装置300に冷媒を供給するシステムや、使用した冷媒を回収するシステムについては、従来の空冷方式や液冷方式において使用されてきた技術をそのまま用いることができる。実施の形態においては電動ファンと噴流冷却の組み合わせを例として本発明を説明した。しかし、本発明は冷却時間応答性について異なる冷却原理に基づく冷却ユニットを駆動することによる電子デバイス200の冷却方法を提案する発明であり実施の形態に示した冷却装置に発明の範囲が限定されるものではない。たとえば、電動ファンのかわりに冷却水によってヒートシンク252を冷却してもよい。あるいは、電子デバイス200の上面側の冷却機構としては、ヒートシンク252のみ、すなわち放熱機構のみであってもよい。同様に、高い冷却時間応答性を有する冷却原理とは、噴流冷却装置300による噴流冷却に限定されるものではない。たとえば、冷却水による水冷方式によりパッケージ基板254から排熱制御してもよい。また、熱電素子により冷却してもよい。冷却時間応答性について異なる冷却原理を有する冷却方法としては、さまざまな例があることは、当業者には理解されるところである。

[0051] 以上、実施の形態をもとに本発明を説明した。なお本発明はこの実施の形態に限定されることなく、そのさまざまな変形例もまた、本発明の態様として有効である。たとえば、本実施の形態においては、異なる冷却原理に基づく2種類の冷却ユニットを協働させることにより電子デバイスを冷却する方法について示したが、冷却ユニットの種類は2種類に限られるものではない。電子デバイスの設置状況や使用環境に応じて

、冷却ユニットの設計についてもさまざまなバリエーションがあることは当業者には理解されるところである。

#### 産業上の利用可能性

[0052] 本発明は、電子機器を制御する電子デバイスを冷却するための技術として応用できる。

## 請求の範囲

- [1] 電子デバイスの表面に対向するよう近接配置された主冷却ユニットと、  
前記電子デバイスの表面に対向するよう近接配置された補助冷却ユニットと、  
前記主冷却ユニットおよび前記補助冷却ユニットのうち少なくともいずれかを駆動して前記電子デバイスを冷却せしめるよう制御する制御部と、  
を備えたことを特徴とする電子デバイス冷却装置。
- [2] 前記主冷却ユニットは、前記補助冷却ユニットとは異なる冷却原理に基づくことを特徴とする請求項1に記載の電子デバイス冷却装置。
- [3] 前記補助冷却ユニットは、前記主冷却ユニットよりも単位時間当たりの冷却能力が高いものであることを特徴とする請求項1に記載の電子デバイス冷却装置。
- [4] 前記補助冷却ユニットは、前記主冷却ユニットが対向して近接配置される前記電子デバイスの面とは異なる面に対して対向するよう近接配置されることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の電子デバイス冷却装置。
- [5] 前記補助冷却ユニットは冷却ノズルを備え、  
前記制御部は、前記冷却ノズルに導入された冷媒に作用し、前記冷媒を前記冷却ノズルから噴射せしめることにより前記補助冷却ユニットを駆動することを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の電子デバイス冷却装置。
- [6] 前記電子デバイス表面における温度を測定する温度測定部を更に備え、  
前記制御部は、前記測定した温度の単位時間あたりの上昇度が所定の閾値を越える場合には、前記補助冷却ユニットを駆動して前記電子デバイスを冷却せしめるよう制御することを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の電子デバイス冷却装置。  
。
- [7] 電子デバイスの表面のうち、所定の面に対向するよう近接配置される主冷却ユニットと、  
前記電子デバイスの表面のうち、前記所定の面とは異なる面の側に設置される基板に設けられた貫通孔を通して冷媒を前記電子デバイスに向けて噴射する補助冷却ユニットと、  
前記主冷却ユニットおよび前記補助冷却ユニットのうち少なくともいずれかを駆動し

て前記電子デバイスを冷却せしめるよう制御する制御部と、

を備えることを特徴とする電子デバイス冷却装置。

- [8] 電子デバイスの表面のうち、所定の面に近接配置され、その表面から発生する熱を放散させるための放熱機構と、

前記電子デバイスの表面のうち、前記所定の面とは異なる面の側に設置される基板に設けられた貫通孔を通して冷媒を前記電子デバイスに向けて噴射する補助冷却ユニットと、

前記補助冷却ユニットを駆動して前記電子デバイスを冷却せしめるよう制御する制御部と、

を備えることを特徴とする電子デバイス冷却装置。

- [9] 電子デバイス表面における温度を測定するステップと、

前記測定した温度の経時変化により、前記電子デバイスの表面における温度の単位時間当たりの上昇度が所定の閾値を越えたか否かを判定するステップと、

前記上昇度が前記所定の閾値を越えた場合には、前記電子デバイスに冷媒を噴射するステップと、

を備えることを特徴とする電子デバイス冷却方法。

- [10] 電子デバイスの表面における温度を測定するステップと、

前記測定した温度が所定の閾値を越えたか否かを判定するステップと、

前記測定した温度が前記閾値を越えた場合に、前記電子デバイスの表面を第1の冷却ユニットにより冷却せしめるステップと、

前記測定した温度の経時変化により、前記電子デバイスの表面における温度の単位時間当たりの上昇度が所定の閾値を越えたか否かを判定するステップと、

前記上昇度が前記所定の閾値を越えた場合には、前記電子デバイスの表面を第2の冷却ユニットにより冷却せしめるステップと、

を備えることを特徴とする電子デバイス冷却方法。

- [11] 電子デバイス表面における温度を測定する機能と、

前記測定した温度の経時変化により、前記電子デバイスの表面における温度の単位時間当たりの上昇度が所定の閾値を越えたか否かを判定する機能と、



前記上昇度が前記所定の閾値を越えた場合には、冷却ノズルを駆動して前記電子デバイスに向けて冷媒を噴射せしめる機能と、

をコンピュータに発揮させることを特徴とする電子デバイス冷却制御プログラム。

[12] 電子デバイスの表面における温度を測定する機能と、

前記測定した温度が所定の閾値を越えたか否かを判定する機能と、

前記測定した温度が前記閾値を越えた場合に、前記電子デバイスの表面を第1の冷却ユニットにより冷却せしめる機能と、

前記測定した温度の経時変化により、前記電子デバイスの表面における温度の単位時間当たりの上昇度が所定の閾値を越えたか否かを判定する機能と、

前記上昇度が前記所定の閾値を越えた場合には、前記電子デバイスの表面を第2の冷却ユニットにより冷却せしめる機能と、

をコンピュータに発揮させることを特徴とする電子デバイス冷却制御プログラム。

[13] コンピュータにて読取可能な記録媒体であって、

電子デバイス表面における温度を測定する機能と、

前記測定した温度の経時変化により、前記電子デバイスの表面における温度の単位時間当たりの上昇度が所定の閾値を越えたか否かを判定する機能と、

前記上昇度が前記所定の閾値を越えた場合には、冷却ノズルを駆動して前記電子デバイスに向けて冷媒を噴射せしめる機能と、

をコンピュータに発揮させることを特徴とする電子デバイス冷却制御プログラムを格納した記録媒体。

[14] コンピュータにて読取可能な記録媒体であって、

電子デバイスの表面における温度を測定する機能と、

前記測定した温度が所定の閾値を越えたか否かを判定する機能と、

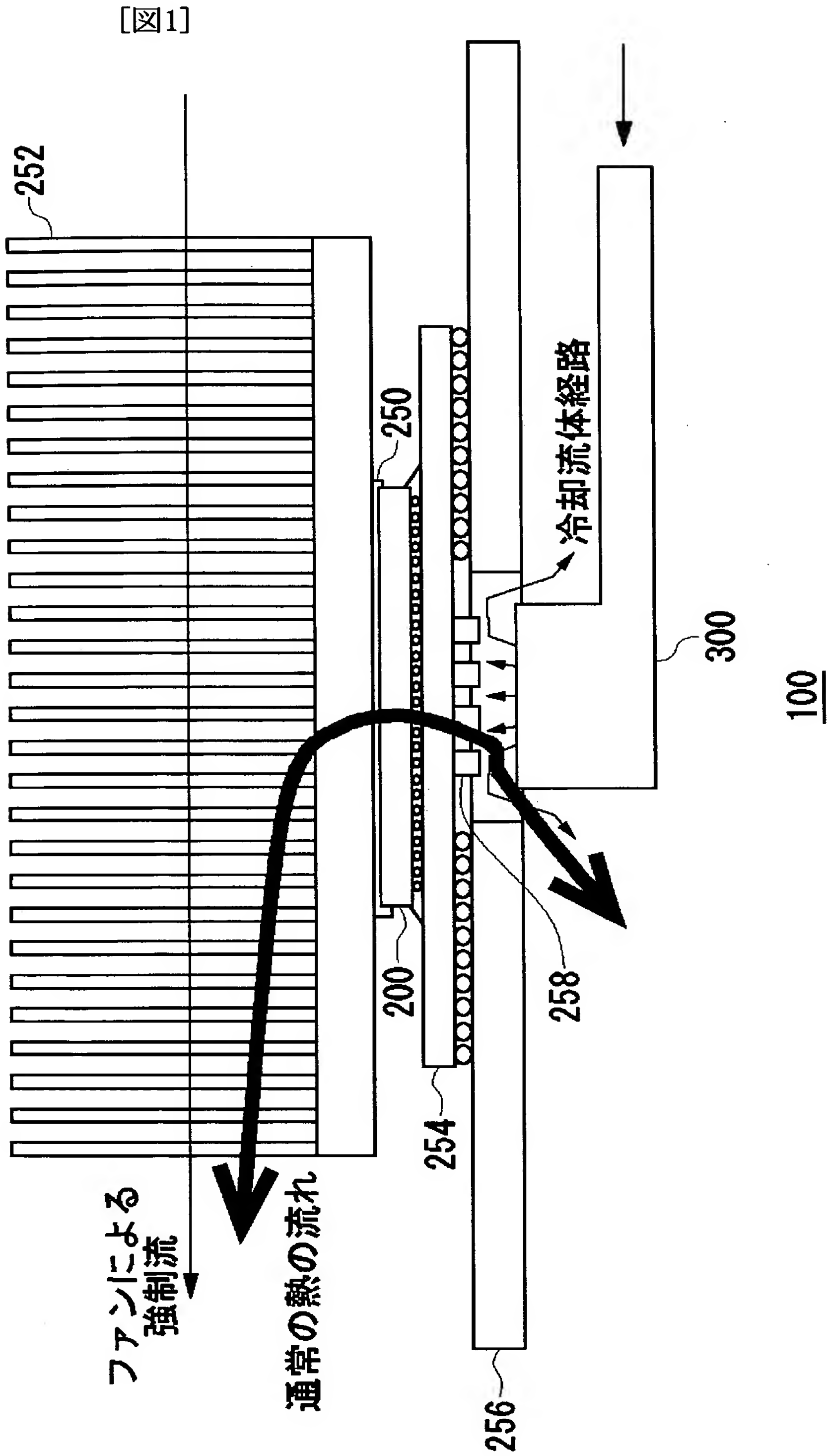
前記測定した温度が前記閾値を越えた場合に、前記電子デバイスの表面を第1の冷却ユニットにより冷却せしめる機能と、

前記測定した温度の経時変化により、前記電子デバイスの表面における温度の単位時間当たりの上昇度が所定の閾値を越えたか否かを判定する機能と、

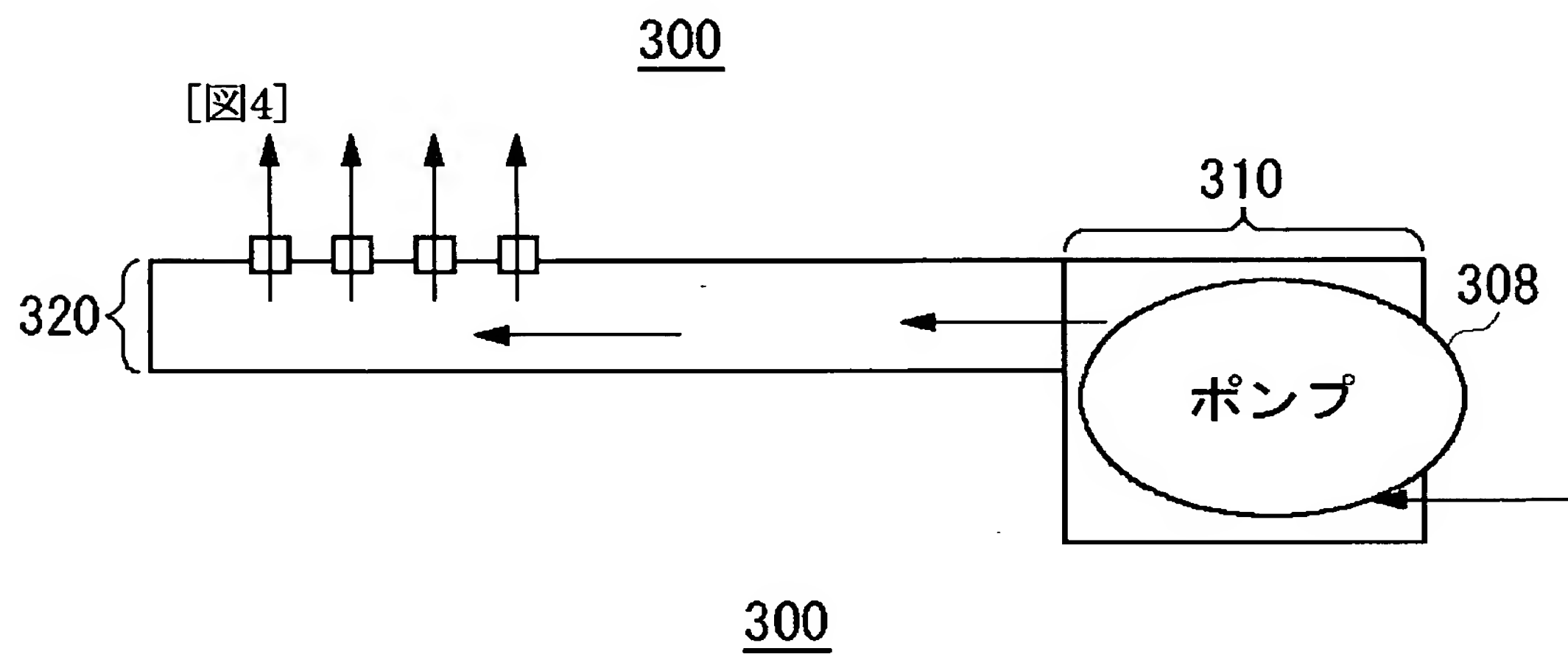
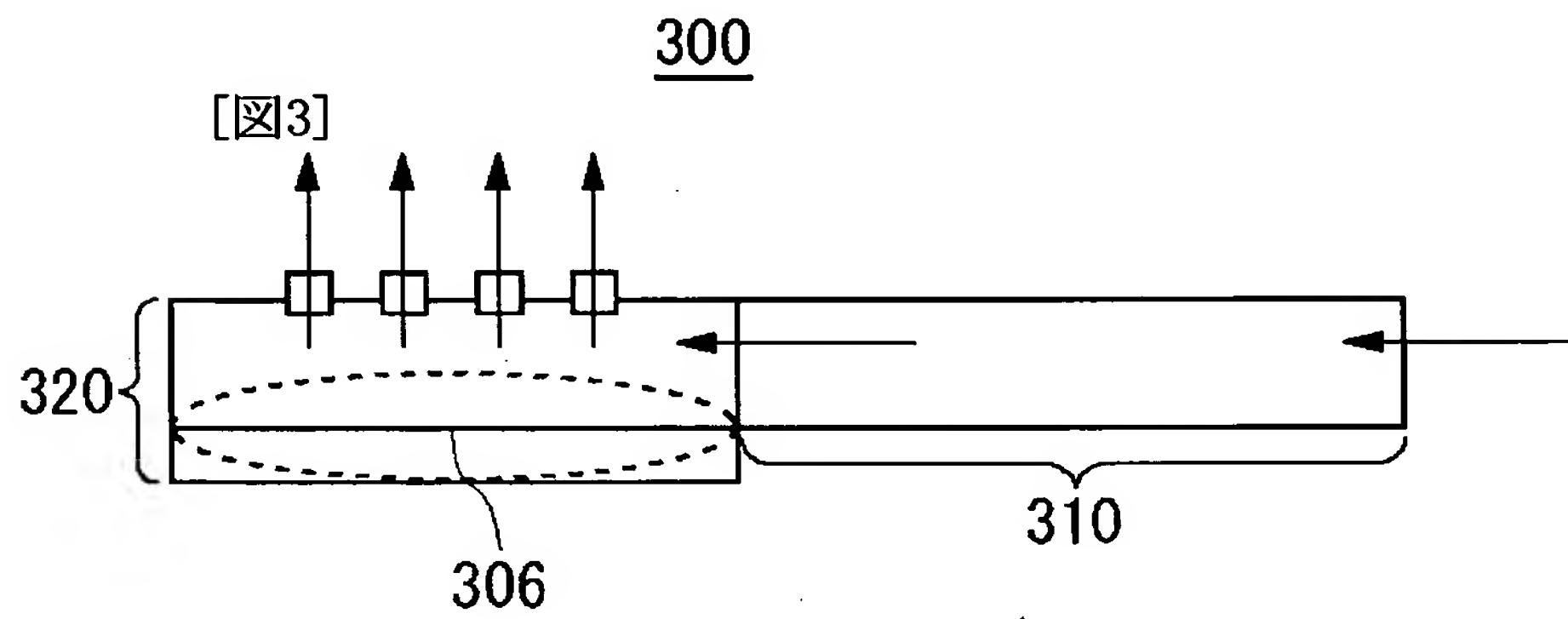
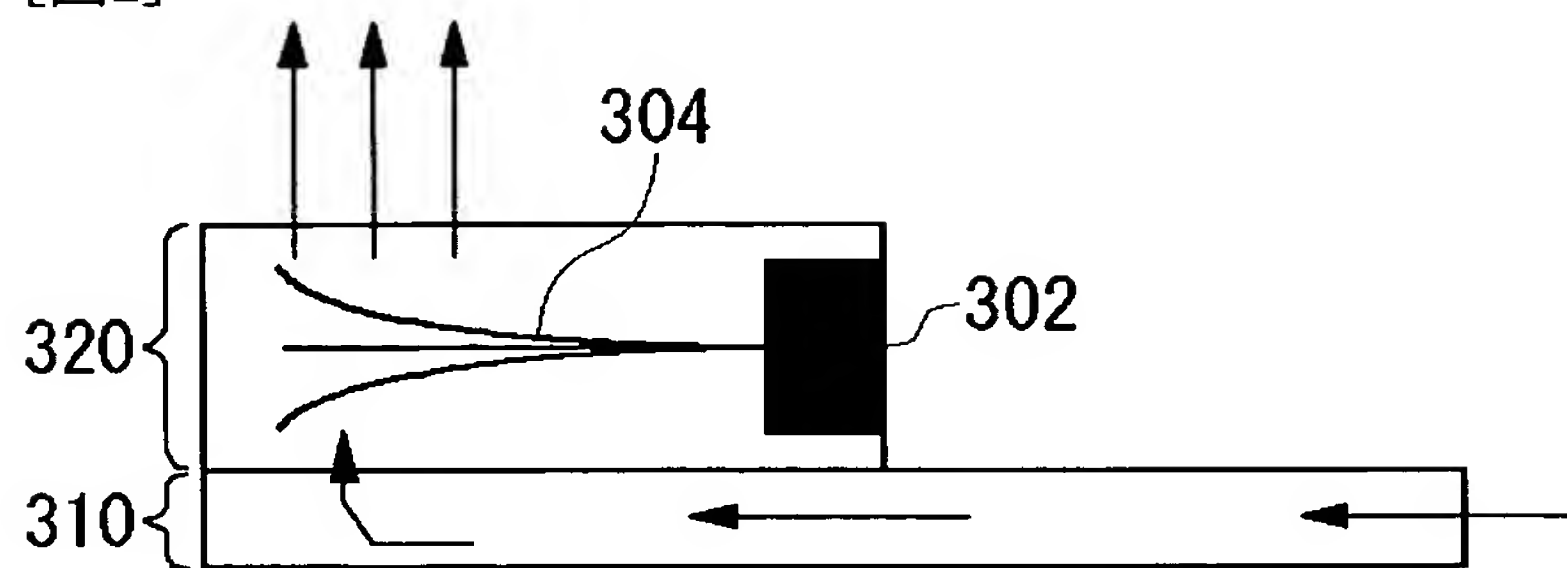
前記上昇度が前記所定の閾値を越えた場合には、前記電子デバイスの表面を第2

の冷却ユニットにより冷却せしめる機能と、

をコンピュータに発揮させることを特徴とする電子デバイス冷却制御プログラムを格納した記録媒体。

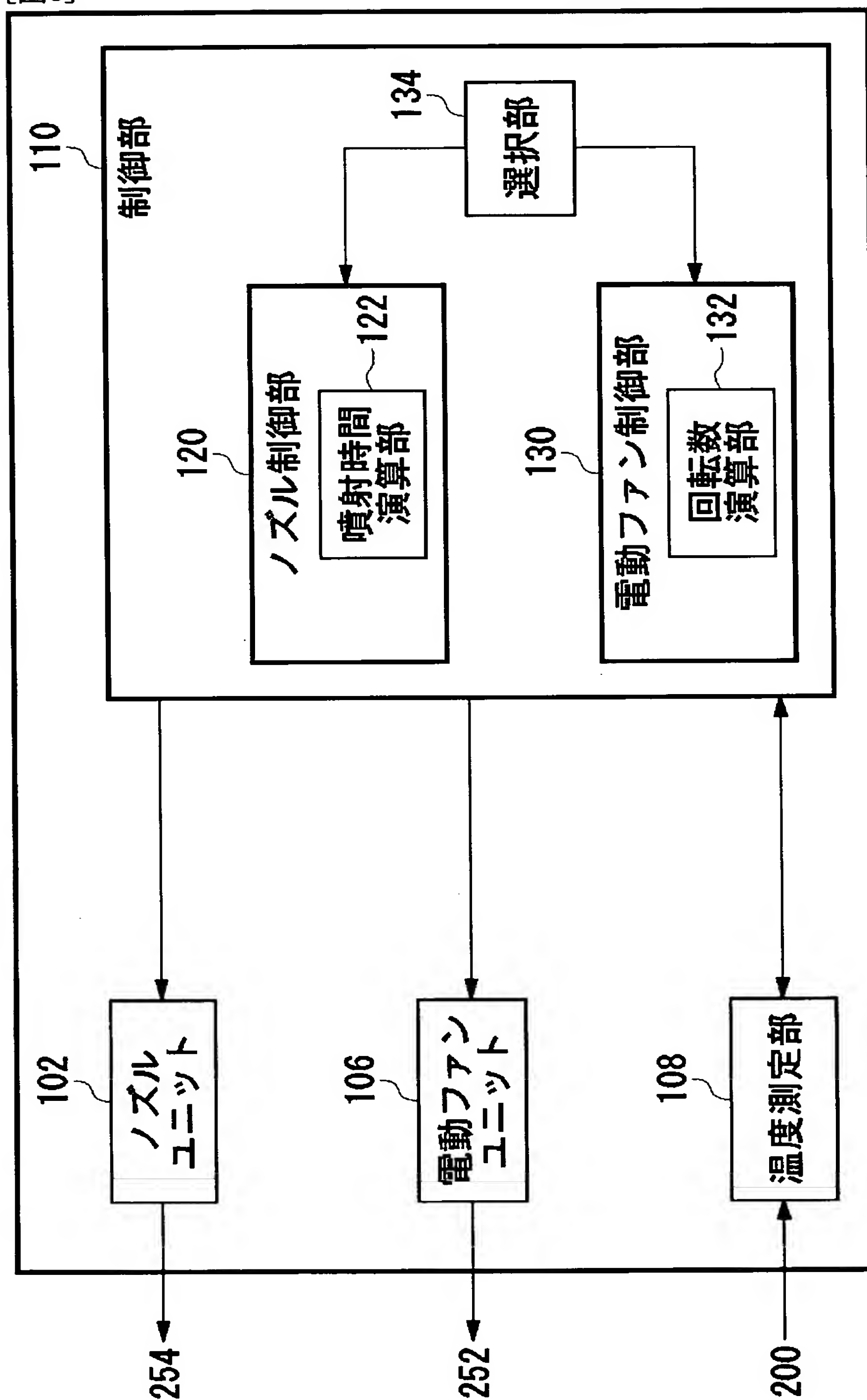


[図2]

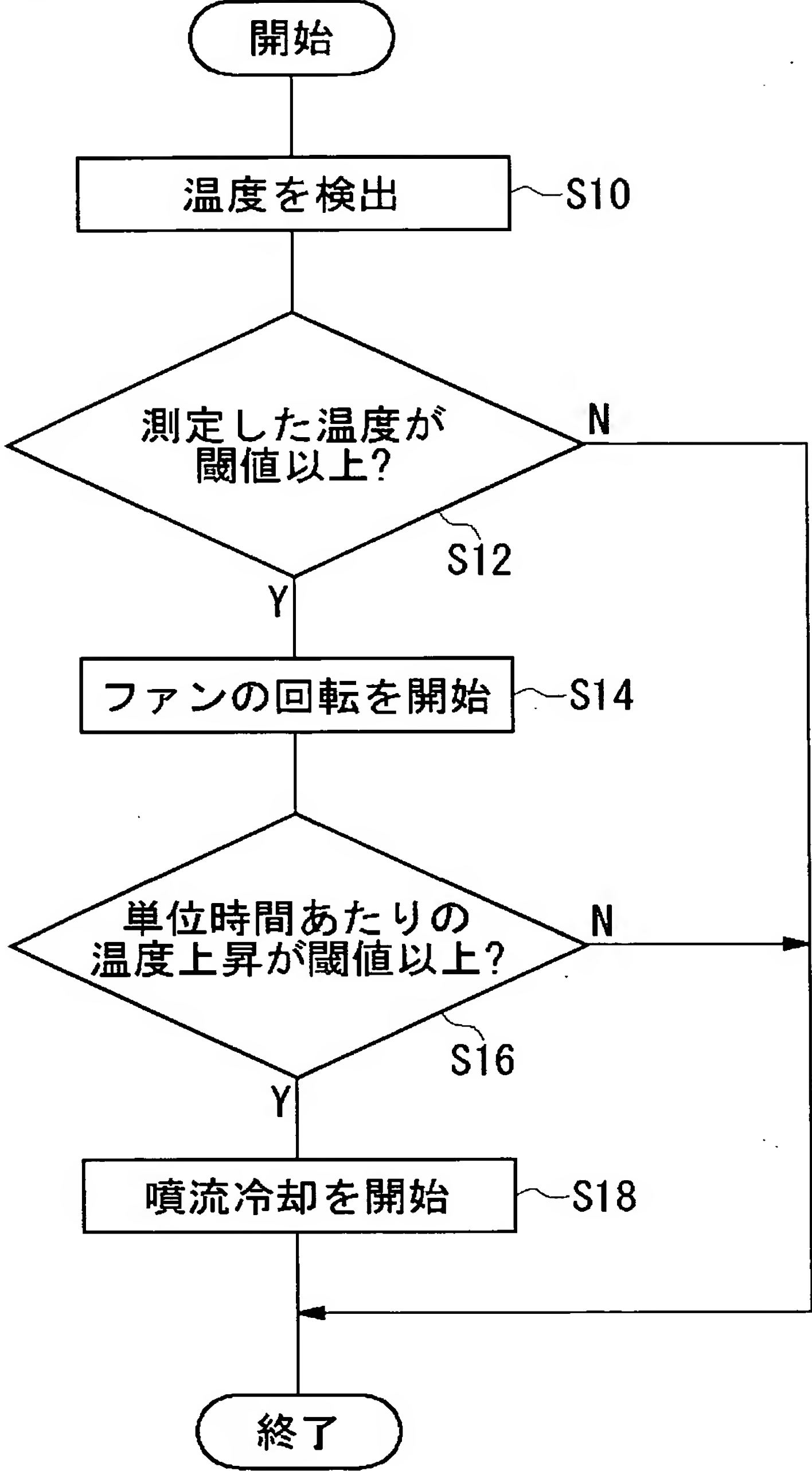




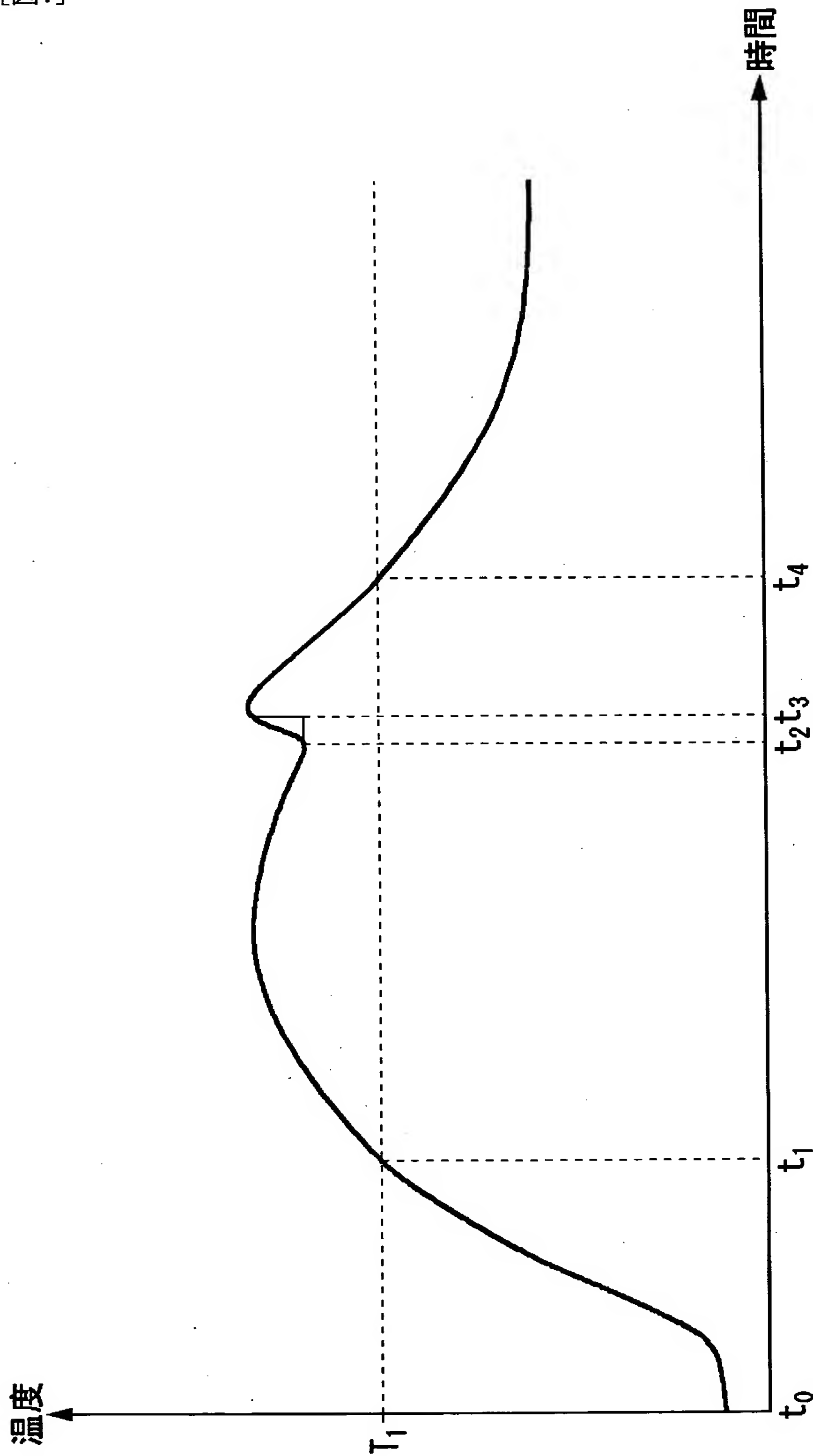
[図5]



[図6]



[図7]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/017921

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L23/473, H05K7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L23/34-23/473, H05K7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*                 | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.                  |
|---------------------------|---|--|
| <u>X</u><br>A             | JP 2002-344066 A (Fujitsu Ltd.),<br>29 November, 2002 (29.11.02),<br>Par. Nos. [0039] to [0045], [0076] to [0082];<br>Figs. 1 to 2, 6<br>Par. Nos. [0039] to [0045], [0076] to [0082];<br>Figs. 1 to 2, 6<br>(Family: none)           | <u>1, 3-4</u><br>2, 5-8, 10, 12,<br>14 |
| <u>X</u><br><u>Y</u><br>A | JP 3048597 U (Teranishi Kogyo Kabushiki<br>Kaisha),<br>15 May, 1998 (15.05.98),<br>Par. Nos. [0007] to [0008]; Figs. 1 to 3<br>Par. Nos. [0007] to [0008]; Figs. 1 to 3<br>Par. Nos. [0007] to [0008]; Figs. 1 to 3<br>(Family: none) | <u>1, 3</u><br><u>5</u><br>2, 4        |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date   | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family  |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  |  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

Date of the actual completion of the international search  
17 February, 2005 (17.02.05)

Date of mailing of the international search report  
08 March, 2005 (08.03.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/017921

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*     | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.             |
|---------------|--|-----------------------------------|
| Y             | JP 2000-252669 A (Sony Corp.),<br>14 September, 2000 (14.09.00),<br>Par. Nos. [0007] to [0038]; Figs. 1 to 9<br>(Family: none)   | 5, 9, 11, 13                      |
| <u>Y</u><br>A | JP 7-143615 A (Hitachi, Ltd.),<br>02 June, 1995 (02.06.95),<br>Par. Nos. [0020] to [0033]; Figs. 1 to 4<br>Par. Nos. [0020] to [0033]; Figs. 1 to 4<br>(Family: none)  | <u>9, 11, 13</u><br>6, 10, 12, 14 |
| A             | Microfilm of the specification and drawings<br>annexed to the request of Japanese Utility<br>Model Application No. 148572/1985 (Laid-open<br>No. 58098/1987)<br>(Toshiba Corp.),<br>10 April, 1997 (10.04.97),<br>Fig. 1<br>(Family: none) | 7-8                               |
| A             | JP 4-129255 A (Fujitsu Ltd.),<br>30 April, 1992 (30.04.92),<br>Fig. 1<br>(Family: none)  | 7-8                               |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/017921

**Box No. II****Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III****Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The special technical feature of claims 1-8 is to provide "a main cooling unit disposed near the surface of an electronic device and opposed to the same and an auxiliary cooling unit disposed near the surface of an electronic device and opposed to the same".

The special technical feature of claims 9-14 is to provide "a step of measuring the temperature at the surface of the electronic device and a step of determining whether or not the increase rate per unit time of the temperature at the surface of the electronic device is above a predetermined threshold on the basis of the variation with time of the measured temperature".

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L 23/473, H05K 7/20

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L 23/34 - 23/473, H05K 7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2005年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2005年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2005年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー*           | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号                       |
|---------------------------|---|--|
| <u>X</u><br>A             | JP 2002-344066 A (富士通株式会社), 2002.11.29<br>【0039】 - 【0045】, 【0076】 - 【0082】, 図1-2, 図6<br>【0039】 - 【0045】, 【0076】 - 【0082】, 図1-2, 図6<br>(ファミリーなし) | <u>1, 3-4</u><br>2, 5-8, 10, 12,<br>14 |
| <u>X</u><br><u>Y</u><br>A | JP 3048597 U (建準電機工業股分有限公司), 1998.05.15<br>【0007】 - 【0008】, 図1-3<br>【0007】 - 【0008】, 図1-3<br>【0007】 - 【0008】, 図1-3<br>(ファミリーなし)                 | <u>1, 3</u><br><u>5</u><br>2, 4        |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.02.2005

国際調査報告の発送日

08.3.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
和瀬田 芳正

4R 2929

電話番号 03-3581-1101 内線 3470

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |   |                                   |
|-----------------------|---|-----------------------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号                  |
| Y                     | JP 2000-252669 A (ソニー株式会社) , 2000. 09. 14<br>【0007】 - 【0038】 , 図1-9 (ファミリーなし)   | 5, 9, 11, 13                      |
| <u>Y</u><br>A         | JP 7-143615 A (株式会社日立製作所) , 1995. 06. 02<br>【0020】 - 【0033】 , 図1-4<br>【0020】 - 【0033】 , 図1-4<br>(ファミリーなし)               | <u>9, 11, 13</u><br>6, 10, 12, 14 |
| A                     | 日本国実用新案登録出願60-148572号 (日本国実用新案登録出願公開62-58098号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社東芝) , 1987. 04. 10<br>第1図 (ファミリーなし) | 7-8                               |
| A                     | JP 4-129255 A (富士通株式会社) , 1992. 04. 30<br>第1図 (ファミリーなし)   | 7-8                               |

## 第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1—8の特別な技術的特徴は「電子デバイスの表面に対向するよう近接配置された主冷却ユニットと、前記電子デバイスの表面に対向するよう近接配置された補助冷却ユニット」を備えたことである。

請求の範囲9—14の特別な技術的特徴は「電子デバイス表面における温度を測定するステップと、前記測定した温度の経時変化により、前記電子デバイスの表面における温度の単位時間当たりの上昇度が所定の閾値を越えたか否かを判定するステップ」を備えることである。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。